

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-280309

(43)Date of publication of application : 27.09.2002

(51)Int.Cl.

H01L 21/205

C23C 16/24

H01L 21/285

(21)Application number : 2001-078294

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 19.03.2001

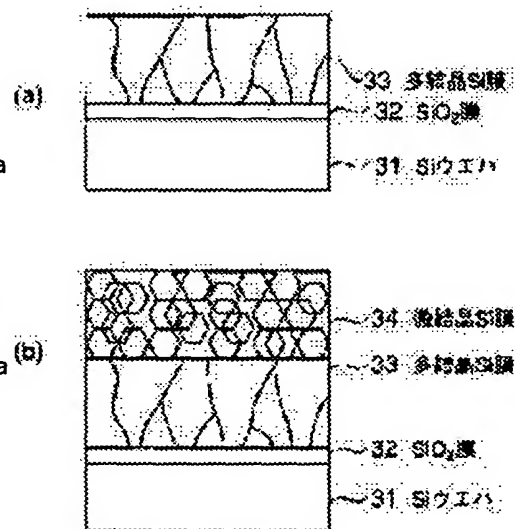
(72)Inventor : TAMAOKI NAOKI  
SATO HIROSUKE

## (54) METHOD OF FORMING THIN FILM

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To form a polycrystalline silicon film, which can suppress the breaking through of ions caused by implantation, and also can sufficiently raise the carrier concentration to a high level.

**SOLUTION:** This thin film formation method forms a polycrystalline silicon film on a wafer, by supplying silane gas into a container where a silicon wafer 31 having an oxide film 32 on the surface is stored, and under the condition that the partial pressure of the silane gas within the container be 10 Pa, a polycrystalline silicon film 33 in the first layer large in crystal grain diameter be made, and then the quantity of supplied silane gas be changed, and under the condition that the partial pressure of the silane gas within the container be 100 Pa; and a fine crystalline silicon film 34 in the second layer small in crystal grain diameter is made.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(書誌+要約+請求の範囲)

(3)

特許

- (19)【発行国】日本国特許庁(JP)  
(12)【公報種別】公開特許公報(A)  
(11)【公開番号】特開2002-280309(P2002-280309A)  
(43)【公開日】平成14年9月27日(2002.9.27)  
(54)【発明の名称】薄膜形成方法  
(51)【国際特許分類第7版】

12/22/02

H01L 21/205

C23C 16/24

H01L 21/285

301

【FI】

H01L 21/205

C23C 16/24

H01L 21/285

C

301 Z

【審査請求】未請求

【請求項の数】5

【出願形態】OL

【全頁数】8

(21)【出願番号】特願2001-78294(P2001-78294)

(22)【出願日】平成13年3月19日(2001.3.19)

(71)【出願人】

【識別番号】000003078

【氏名又は名称】株式会社東芝

【住所又は居所】東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72)【発明者】

【氏名】玉置 直樹

【住所又は居所】神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72)【発明者】

【氏名】佐藤 裕輔

【住所又は居所】神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(74)【代理人】

【識別番号】100058479

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴江 武彦 （外 6 名）

【テーマコード（参考）】

4K030

4M104

5F045

【Fターム（参考）】

4K030 AA06 BA29 BB03 CA04 DA09 FA10 JA05 LA15

4M104 BB01 BB37 BB40 CC05 DD43 DD45 DD78 DD81

5F045 AB03 AB04 AC01 BB18 CB10 DP03 EE17 EF05 EK09 EM10 HA16 HA22

---

(57) 【要約】

【課題】 インプラによるイオンの突き抜けを抑制すると共に、キャリア濃度を十分高くできる多結晶シリコン膜を形成する。

【解決手段】 表面に酸化膜 3 2 を有するシリコンウェハ 3 1 が収容された容器内にシランガスを供給して、ウェハ上に多結晶シリコン膜を成膜する薄膜形成方法であって、容器内のシランガスの分圧を 1 0 P a の状態にして結晶粒径の大きな第 1 層目の多結晶シリコン膜 3 3 を形成した後、シランガスの供給量を変え、容器内のシランガスの分圧を 1 0 0 P a の状態にして結晶粒径の小さな第 2 層目の微結晶シリコン膜 3 4 を形成する。

---

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被処理基体が収容された容器内に成膜原料ガスを供給して、該基体上にシリコン膜を成膜する薄膜形成方法であって、成膜プロセスの途中で成膜条件を少なくとも一度変更して成膜条件の異なる複数層の成膜を行い、且つ第 2 層目以降の少なくとも一つの成膜条件として、第 1 層目よりも結晶粒が小さくなる条件を選択することを特徴とする薄膜形成方法。

【請求項 2】 第 1 層目の成膜時に比して第 2 層目以降の成膜時の原料ガスの供給量を多くすることを特徴とする請求項 1 記載の薄膜形成方法。

【請求項 3】 第 1 層目の成膜原料にジシランを用い、第 2 層目以降の成膜原料にシランを用いることを特徴とする請求項 1 記載の薄膜形成方法。

【請求項 4】 第 1 層目として非晶質薄膜を形成した後、アニールによって該薄膜を再結晶化し、その後に第 2 層目以降の微結晶薄膜を形成することを特徴とする請求項 1 記載の薄膜形成方法。

【請求項5】被処理基体が収容された容器内に成膜原料ガスを供給して、該基体上にシリコン膜を成膜する薄膜形成方法であって、成膜プロセスの途中で原料ガスの供給量を徐々に増加させ、成膜される薄膜の結晶粒を徐々に小さくすることを特徴とする薄膜形成方法。

詳細な説明

---

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、化学気相成長法（CVD法）による薄膜形成方法に係わり、特に成膜後にイオン打ち込みによりドーピングを行うことによって、電極として使用される多結晶シリコン膜を成膜するのに適した薄膜形成方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、半導体ロジックデバイスのゲート電極には、CVD法によって形成される多結晶シリコン膜が広く使われている。しかし、純粋なシリコンは電気抵抗が大きく、電極としてそのまま使用することができない。そのため、成膜プロセスの後にボロン、リン、或いは砒素原子をドーパントとして多結晶シリコン膜中に混ぜる工程が必要になる。ドーパントを膜中に混ぜる方法としては通常、ドーパントイオンに電圧をかけて加速し、膜の中に打ち込むインプラと呼ばれる工程が行われている。

【0003】しかしながら、上述のようなインプラ工程には以下のような問題点があった。通常のプロセス条件でCVD法によって形成される多結晶シリコン膜は、図10に示す断面TEM写真のように、柱状の結晶構造を持つ。これは、成膜の初期に形成された結晶核が、膜の成長に従って膜厚方向に伸びていくことによる。

【0004】このような結晶構造では、多結晶シリコン膜に含まれる結晶粒同士の界面（粒界）が、膜厚方向に対して平行に近い角度を持って膜を貫通するようになる。ドーパントとして混入される原子は、この粒界に沿って動きやすい性質を持つことが知られている。そのため、電圧によって加速されたドーパントイオンはこの粒界に沿って容易に多結晶シリコン膜を通過し、多結晶シリコン膜の下層に形成されているシリコン酸化膜等の絶縁層に到達し、そこに構造的、電氣的なダメージを与えることがあった。従来プロセスでは、イオンを打ち込む方向を、膜に垂直な方向から少しずつずらすことによって、このダメージを軽減する工夫が行われているが、その効果は充分ではなかった。

【0005】また、結晶成長の速度は、一般に結晶の面方位によって異なるため、多結晶シリコン結晶粒の結晶面方位が、膜厚が大きくなるに従って一定の方向に揃うようになり、強く配向する傾向がみられるようになる。ある特定の面方位と、インプラのイオン打ち込み方向が一致すると、イオンは粒界を通過するのと同じように、容易に多結晶シリコン膜を突き抜けて下層の絶縁層に到達できるようになることが知られている。従って、粒界が揃うのと同様に、多結晶シリコンの結晶配向が進むことによっても、イオンの突き抜けの危険が高まり問題となっていた。

【0006】さらに、図10から明らかなように、従来の成膜法による結晶粒の大きさは、成膜の初期にあたる絶縁層との界面付近で小さく、膜厚が厚くなるに伴って結晶粒径も大きくなる傾向が見られていた。ドーパントとなる原子が多結晶シリコンに電流を流すキャリアとして働くためには、それが結晶粒界に偏析せず結晶粒内に取り込まれる必要がある。ゲート電極の空乏化抑制のためには、特に多結晶シリコン膜と絶縁膜との界面付近に、十分な密度のキャリアが存在することが必要になる。しかしながら、ドーパント原子は一般に結晶粒界や膜界面等に偏析し易い性質を持っているため、粒径が小さくなって膜体積当たりの粒界面積比が大きくなる界面付近ほど、キャリアとして働かない偏析原子の割合が多くなる結果となっていた。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】このように従来、通常のプロセス条件でCVD法によって形成される多結晶シリコン膜においては、柱状の結晶構造を持ち粒界が膜を貫通するようになるため、不純物ドーパのためのインプラによってイオンの突き抜けが発生し、下地層にダメージが発生する問題があった。また、イオンの突き抜けが生じにくくなるように粒径を小さくすると、十分なキャリア濃度が得られなくなる問題があった。

【0008】本発明は、上記事情を考慮して成されたもので、その目的とするところは、インプラによるイオンの突き抜けを抑制すると共に、キャリア濃度を十分高くできるシリコン膜を成膜することができ、デバイス特性の向上等に寄与し得る薄膜形成方法を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】（構成）上記課題を解決するために本発明は次のような構成を採用している。

【0010】即ち本発明は、被処理基体が収容された容器内に成膜原料ガスを供給して、該基体上に多結晶シリコン膜を成膜する薄膜形成方法であって、成膜プロセスの途中で成膜条件を少なくとも一度変更して成膜条件の異なる複数層の成膜を行い、且つ第2層目以降の少なくとも一つの成膜条件として、第1層目よりも結晶粒が小さくなる条件を選択することを特徴とする。

【0011】ここで、本発明の望ましい実施態様としては次のものがあげられる。

- (1) 第1層目の成膜時に比して第2層目以降の成膜時の原料ガスの供給量を多くすること。
- (2) 第1層目の成膜原料にジシランを用い、第2層目以降の成膜原料にシランを用いること。
- (3) 第1層目として非晶質薄膜を形成した後、アニールによって該薄膜を再結晶化し、その後第2層目以降の微結晶薄膜を形成すること。

【0012】また本発明は、被処理基体が収容された容器内に成膜原料ガスを供給して、該基体上に多結晶シリコン膜を成膜する薄膜形成方法であって、成膜プロセスの途中で原料ガスの供給量を徐々に増加させ、成膜される薄膜の結晶粒を徐々に小さくすることを特徴とする。

【0013】(作用) MOSトランジスタのゲート電極として使用する多結晶シリコン膜は、電極内の空乏化を抑制するため、基板側の絶縁膜との界面付近に、十分なキャリア濃度を確保する必要がある。インプラによって多結晶シリコン膜に注入されたドーパント原子は、結晶粒の界面に偏析し易い性質を持つため、ドーパント原子を効率的にキャリアとして利用するためには、多結晶シリコン膜中の粒界を減らす必要がある。そのためには、結晶粒径の大きな多結晶シリコン膜を形成することが有効である。しかし、結晶粒径の大きな多結晶シリコン膜では、膜厚方向に貫通する粒界が多くなり、インプラによるイオンが多結晶シリコン膜を突き抜けることによるデバイスへのダメージが増加する。

【0014】これに対して本発明では、キャリア濃度を必要とする絶縁膜との界面付近には大きな結晶粒、その上部に、インプラで打ち込まれたイオンが貫通しにくい微結晶層を配置する。このような多層膜構造を形成することによって、インプラによるダメージの低減と、十分なキャリア濃度の確保を両立する多結晶シリコン膜を得ることができる。

【0015】成膜条件としては、ガス種、温度、供給量等があるが、これらの条件と結晶粒径との間には図9に示すような関係がある。即ち、ガス供給量が増えると結晶粒径は柱状→微結晶→アモルファスとなり、また成膜温度が上がると結晶粒径はアモルファス→微結晶→柱状となる。従って本発明では、例えば第2層目以降の成膜条件として第1層目よりもガス供給量を増やすことにより、第1層目よりも結晶粒径の小さな層を形成することが可能となる。

【0016】また、シランよりもジシランの方がより大きな結晶粒が形成されることから、第1層目の成膜工程の原料ガスとしてジシランを用い、第2層目以降の成膜工程の原料ガスとしてシランを用いることにより、第2層目以降に第1層目よりも結晶粒径の小さな層を形成することができる。また、第1層の成膜工程で非晶質シリコン膜を形成し、アニール工程を加えることによって、多結晶化する方法も有効である。このとき、非晶質シリコン膜の多結晶化に、第2層以降の成膜工程の熱履歴を利用することが可能である。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明の詳細を図示の実施形態によって説明する。

【0018】(第1の実施形態) 図1～図4は、本発明の第1の実施形態に係わる薄膜形成方法を説明するための図である。本実施形態は、シリコン酸化膜等の絶縁膜の上に、電極として使用する多結晶シリコン膜を多層構造に形成するものである。

【0019】図1は、本実施形態に使用した成膜装置の概略構成を示す断面図である。反応容器11の内部には、ウエハ12(被処理基体)と、ウエハ12をチャックするウエハチャック13と、ウエハチャック13に接続される回転軸14と、ウエハ12に所望のガスを均一に供給する整流板15と、が設けられている。整流板15には複数の供給孔が穿設され、この整流板15はウエハ12の表面に対向して設けられる。回転軸14を回転させるための駆動力を与えるモータ(不図示)は、反応容器11外に設けられる。また、チャック13にはウエハ12を所定温度に保持するためのヒータ(不図示)が設けられてい

る。

【0020】反応容器1の上方の壁には、原料ガス及びキャリアガスを内部へ導入するための導入口17が設けられている。また、反応容器11の下方の壁には、内部のガスをポンプ(不図示)などで排出するための排出口18が設けられ、排出口18は排出流路16に接続されている。

【0021】次に、図1の装置を用いた多結晶シリコン膜の成膜方法について、図2のフローチャートを参照して説明する。

【0022】まず、反応容器1内部は、例えば5000Pa程度に減圧され、またウエハ12はヒータにより例えば650℃程度に保持されている。

【0023】(S1) 反応容器11の外部に配置されるウエハ12を、ロボットアームなどにより反応容器11内のチャック13上に移動させ、チャック13によりウエハ12をチャックする。

【0024】(S2) ウエハ12を所定温度の成膜温度に加熱し保持する。

【0025】(S3) 原料ガスであるシラン化合物、例えばシラン( $\text{SiH}_4$ )を所定流量(例えば、容器内のシラン分圧が10Pa程度となる流量)、所定時間で反応容器11内へ供給する。反応容器11内へ導入された原料ガスは、整流板15に穿設される孔からウエハ12上に供給される。この原料ガスの供給によりウエハ12上に第1層目の多結晶シリコン膜を形成する。

【0026】(S4) 所定時間経過後、原料ガスの供給を停止する。

【0027】(S5) 原料ガスの設定流量を、例えば10倍に変更する。

【0028】(S6) 前記(S3)と同様に、シランガスを所定流量(例えば、容器内のシラン分圧が100Pa程度となる流量)、所定時間で反応容器11内へ供給し、ウエハ12上に第2層目の多結晶シリコン膜(微結晶シリコン膜)を形成する。

【0029】(S7) 前記(S5)と同様に、所定時間経過後、原料ガスの供給を停止する。

【0030】(S8) 全成膜工程が終了しているか否かを判定し、終了していない場合は(S5)に戻り、第3層目以降の多結晶シリコン膜を形成する。ウエハ12の処理が終了している場合は、工程(S9)へ進む。

【0031】(S9) 処理済のウエハ12を、ロボットアーム(不図示)により反応容器11内から反応容器11外の所定の載置場所へ移動させる。新たなウエハ12を処理する場合は工程(S1)に戻り、新たなウエハ12が無い場合には工程終了とする。

【0032】上記工程終了後、別の反応容器へウエハは運ばれ、所定加速電圧のもと、ドーパント・イオンを打ち込むインプラの工程がとられる。さらに、別の反応容器にウエハは運ばれ、所定の温度に加熱されて、ドーパントが多結晶シリコン膜中で活性化され、電極となる。

【0033】本実施形態の作用について、図3の断面図を参照して説明する。

【0034】成膜工程(S3)では、図3(a)に示されるように柱状の結晶構造を持つ



た第1層目の多結晶シリコン膜が形成される。ここで、図中の31はシリコンウェハ、32はシリコンウェハ31の表面に形成された酸化膜、33は酸化膜32上に形成された多結晶シリコン膜を示している。第1層目の柱状の結晶構造を持った多結晶シリコン膜33は、前記図10に示したように、従来の膜と同様であり、比較的大きな結晶粒径を持ち、膜厚方向に通る粒界が多数存在する。

【0035】続く成膜工程(S6)では、図3(b)に示されるように、第2層目として等方性の微結晶シリコン膜34が形成され、これにより多層構造ができあがる。

【0036】第2層目に微結晶シリコン膜34が形成されるのは、原料ガスであるシラン流量を多く流すことで、反応容器11内のシラン分圧が大きくなり、結晶成長核が頻繁に発生するようになるためである。成膜途中に結晶成長核が頻繁に発生すると、結晶粒径は小さくなり結晶粒の面方位及び粒界の方向がランダムになるため、等方的な微結晶シリコン膜が形成されるようになる。同様な効果は、ウェハの成膜温度を下げることによっても実現できる。

【0037】なお、多結晶シリコン中の結晶粒の大きさ及び配向は、X線回折の半値幅とピーク強度比、或いは電子線回折の回折パターンから知ることができる。また、参考のために、シランガスの分圧を100Paとした場合に酸化膜上に形成される多結晶シリコンの結晶粒を、図4の断面TEM写真に示しておく。図中の41はシリコンウェハ、42は酸化膜、44は微結晶シリコン膜である。

【0038】ここで、本発明者らの実験によれば、例えば750℃の成膜温度では、シランガスの分圧を20～200Paと比較的低くすれば、0.5μm程度の十分大きな結晶粒が得られ、シランガスの分圧を1000～4000Paと高くすれば0.1μm程度の小さな結晶粒が得られることが確認されている。

【0039】このように本実施形態では、第1層目に結晶粒径の大きな多結晶シリコン膜、第2層目に結晶粒径の小さな多結晶シリコン膜（微結晶シリコン膜）を形成することができる。そしてこの場合、成膜後のインプラにおいて、インプラによるイオンは第2層目の微結晶層で止まるため、下層にある絶縁膜に損傷を与えることがない。また、微結晶層は絶縁膜から遠い第2層のみであるため、電極の空乏化を促すこともない。

【0040】なお、微結晶層はインプラによって打ち込まれたイオンを、多結晶シリコン膜中のみで吸収させることが目的であるため、第1層でなければ、より多層の中の一層、或いは複数層であっても構わない。

【0041】(第2の実施形態) 次に、本発明の第2実施形態について図5及び図6を参照して説明する。なお、以下の各実施形態における成膜装置は、図1に示した第1の実施形態と同一である。本実施形態の特徴は、第1層の成膜工程の原料ガスに、ジシランを使うことである。

【0042】本実施形態の動作について図5のフローチャートを参照して説明する。まず、反応容器11の内部は、第1の実施形態と同様に、例えば5000Pa程度に減圧され、

またウエハ12はヒータにより例えば650℃程度に保持されている。

【0043】(S1) 反応容器11の外部に配置されるウエハ12を、ロボットアームなどにより反応容器11内のチャック13上に移動させ、チャック13によりウエハ12をチャックする。

【0044】(S2) ウエハ12を所定温度の成膜温度に加熱し保持する。

【0045】(S3) 原料ガスであるジシラン( $\text{Si}_2\text{H}_6$ )を、所定流量(例えば、容器内のジシラン分圧が100Pa程度となる流量)、所定時間で反応容器11内へ供給する。反応容器11内へ導入された原料ガスは、整流板15に穿設される孔からウエハ12上に供給される。原料ガスの供給によりウエハ12上に第1層目の多結晶シリコン膜を形成する。

【0046】(S4) 所定時間経過後、原料ガスの供給を停止する。

【0047】(S5) 原料ガス種をシランに切り替えた後、成膜条件を変更する。

【0048】(S6) 前記(S3)と同様に、 $\text{SiH}_4$ を所定流量(例えば、容器内のシラン分圧が100Pa程度となる流量)、所定時間で反応容器11内へ供給し、ウエハ12上に第2層目の多結晶シリコン膜(微結晶シリコン膜)を形成する。

【0049】(S7) 前記(S5)と同様に、所定時間経過後、原料ガスの供給を停止する。

【0050】(S8) 全成膜工程が終了しているか否かを判定し、終了していない場合は(S5)に戻り、第3層以降の多結晶シリコン膜を形成する。ウエハ12の処理が終了している場合は、工程(S9)へ進む。

【0051】(S9) 処理済のウエハ12を、ロボットアーム(不図示)により反応容器11内から反応容器11外の所定の載置場所へ移動させる。新たなウエハ12を処理する場合は工程(S1)に戻り、新たなウエハ12が無い場合には工程終了とする。

【0052】上記工程終了後、別の反応容器へウエハは運ばれ、所定加速電圧のもと、ドーパント・イオンを打ち込むインプラの工程がとられる。さらに、別の反応容器にウエハは運ばれ、所定の温度に加熱されて、ドーパントが多結晶シリコン膜中で活性化され、電極となる。

【0053】このように本実施形態では、第1層の成膜原料ガスにジシランを使うことにより、図6の断面TEM写真に示されるような、より大きな結晶粒を得ることができる。ここで、図中の61はシリコンウェハ、62は酸化膜、63は多結晶シリコン膜である。第1層目がより大きな結晶粒で形成されることにより、ドーパントが効率良く、キャリアに変換されるようになり、電気的特性が向上できるようになる。また、成膜にジシランを用いると、成膜速度が格段に速くなるため、工程全体の時間が短くなり、処理効率も向上する。

【0054】(第3の実施形態) 次に、本発明の第3の実施形態について、図7及び図8を参照して説明する。本実施形態の特徴は、第1層目のシリコン層を非晶質層として形成し、後のアニール工程で多結晶シリコンに変換することである。

【0055】本実施形態の動作について図7のフローチャートを参照して説明する。まず、

反応容器 11 の内部は、第 1 及び第 2 の実施形態と同様に、例えば 5000 Pa 程度に減圧され、またウエハ 12 はヒータにより、例えば 650℃程度に保持されている。

【0056】(S1) 反応容器 11 の外部に配置されるウエハ 12 を、ロボットアームなどにより反応容器 11 内のチャック 13 上に移動させ、チャック 13 によりウエハ 12 をチャックする。

【0057】(S2) ウエハ 12 を所定温度の成膜温度に加熱し保持する。

【0058】(S3) 原料ガスとして、シラン系化合物、例えばシラン ( $\text{SiH}_4$ ) を、所定流量 (例えば、容器内のシラン分圧が 1000 Pa 程度となる流量)、所定時間で反応容器 11 内へ供給する。反応容器 11 内へ導入された原料ガスは、整流板 15 に穿設される孔からウエハ 12 上に供給される。原料ガスの供給によりウエハ 12 上に第 1 層目の非晶質シリコン膜を形成する。

【0059】(S4) 所定時間経過後、原料ガスの供給を停止する。

【0060】(S5) ウエハ 12 を所定温度に保持したまま、第 1 層目の非晶質シリコン膜を結晶化させ、多結晶シリコン膜を形成する。

【0061】(S6) 成膜条件 (原料ガスの流量、成膜温度) の設定を変更する。

【0062】(S7) 原料ガス流量を、例えば 1/10 に減らした後、工程 (S3) と同様に、第 2 層目の多結晶シリコン膜を形成する。

【0063】(S8) 前記 (S4) と同様に、所定時間経過後、原料ガスの供給を停止する。

【0064】(S9) 全成膜工程が終了しているか否かを判定し、終了していない場合は (S6) に戻り、第 3 層以降の多結晶シリコン膜を形成する。ウエハ 12 の処理が終了している場合は、工程 (S10) へ進む。

【0065】(S10) 処理済のウエハ 12 を、ロボットアーム (不図示) により反応容器 11 内から反応容器 11 外の所定の載置場所へ移動させる。新たなウエハ 12 を処理する場合は工程 (S1) に戻り、新たなウエハ 12 が無い場合には工程終了とする。

【0066】上記工程終了後、別の反応容器へウエハは運ばれ、所定加速電圧のもと、ドーパント・イオンを打ち込むインプラの工程がとられる。さらに、別の反応容器にウエハは運ばれ、所定の温度に加熱されて、ドーパントが多結晶シリコン膜中で活性化され、電極となる。

【0067】このように本実施形態では、第 1 層目として非晶質シリコン膜を成膜し、後のアニール工程によって結晶化することにより、図 8 の断面 TEM 写真に示されるような、より大きな結晶粒を得ることができる。ここで、図中の 81 はシリコンウエハ、82 は酸化膜、83 は多結晶シリコン膜、84 はアモルファスシリコン膜である。第 1 層目がより大きな結晶粒で形成されることにより、ドーパントが効率良く、キャリアに変換されるようになり、電気的特性が向上できるようになる。

【0068】なお、第 1 層目の成膜後のアニール工程と、第 2 層目以降の成膜工程を兼用しても構わない。アニール工程と第 2 層以降の成膜工程を兼用することにより、工程全体

の時間が短縮でき、処理効率が向上する。また、工程（S6）で、原料ガスの流量を減らす代わりに、成膜温度を上げて同様な効果が期待できる。

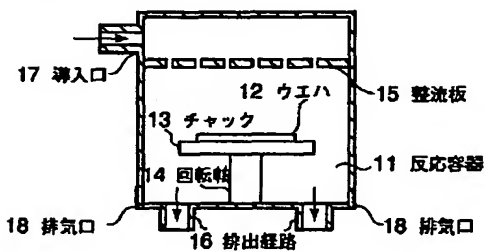
【0069】（変形例）なお、本発明は上述した各実施形態には限定されるものではない。例えば、成膜工程における原料ガスの流量変化量、成膜工程の繰り返しの数等は、所望の多層結晶構造が得られれば、どのようなものでも良い。また、原料ガスと添加ガスとに加えて、アルゴンや窒素などの不活性ガスをキャリアガスとして、混合させて反応容器内へ導入させてもよい。また、原料ガスは $\text{SiH}_4$ でなくとも他のシラン系ガスを用いても良い。

【0070】その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施することができる。

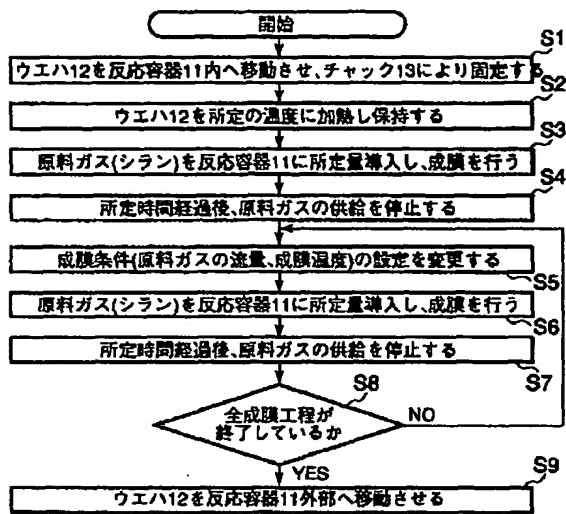
【0071】

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、被処理基体上にシリコン膜を成膜する際の成膜条件をプロセスの途中で変えることにより、第1層目に結晶粒径の大きな多結晶シリコン膜を形成し、第2層目以降に結晶粒径の小さな多結晶シリコン膜を形成することができる。従って、電極の空乏化を抑制しつつ、インプラによって打ち込まれたイオンの突き抜けによる、デバイス特性の悪化を低減させることができ留。そして、このシリコン膜を用いたデバイスの特性向上等に寄与することが可能となる。

【図1】



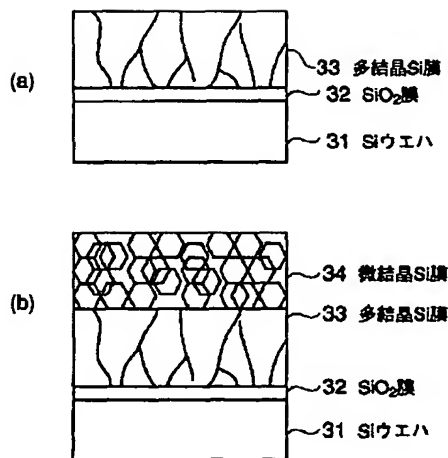
【図2】



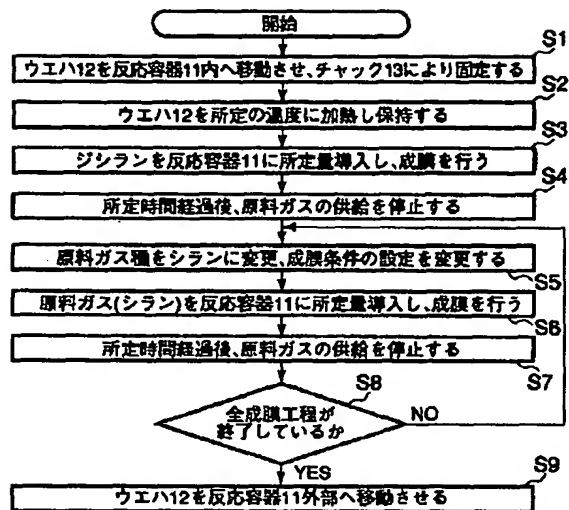
【図4】



【図3】



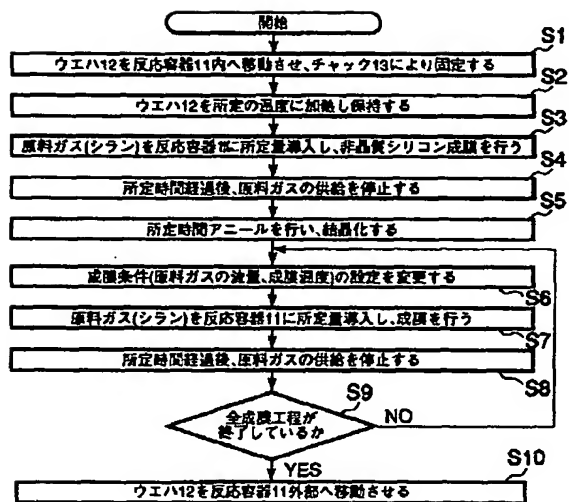
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】